

1807.1363

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
LILIAN LABELLE) Examiner: NYA
Application No.: N.Y.A.) Group Art Unit: NYA
Filed: Concurrently Herewith)
For: METHODS AND DEVICES FOR)
INDEXING AND SEARCHING)
FOR DIGITAL IMAGES TAKING)
INTO ACCOUNT THE SPATIAL)
DISTRIBUTION OF THE CONTENT)
OF THE IMAGES) April 16, 2001

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicant hereby claims priority under the
International Convention and all rights to which she is
entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following
French Priority Application:

0004923, filed April 17, 2000.

A certified copy of the priority document is
enclosed.

Applicant's undersigned attorney may be reached in
our New York office by telephone at (212) 218-2100. All



This Page Blank (uspto)

correspondence should continue to be directed to our address
given below.

Respectfully submitted,

Z. P. Diana
Attorney for Applicant

Registration No. 29,296

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

161408v1

This Page Blank (uspto)



R E P U B L I Q U E F R A N C A I S E

1807.1363

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**



RINDY SAINT

J1002 U.S. PTO
09/835392



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 16 MARS 2001

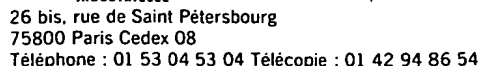
Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

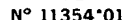
INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30
<http://www.inpi.fr>

This Page Blank (uspto)



Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W 260679

<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: small;">Réservé à l'INPI</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> REMISE DES PIÈCES DATE 17 AVRIL 2000 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0004923 DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 17 AVR. 2000 PAR L'INPI </div> <div style="width: 5%; text-align: center;"> 1 </div> <div style="width: 50%;"> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE RINUY, SANTARELLI 14, avenue de la Grande Armée 75017 PARIS </div> </div>			
Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i> BIF022267/FR			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i>		N°	Date / /
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N°	Date / /
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/>	
		N°	Date / /
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Procédés et dispositifs d'indexation et de recherche d'images numériques prenant en compte la distribution spatiale du contenu des images.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		CANON KABUSHIKI KAISHA	
Prénoms			
Forme juridique		Société de droit japonais	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo	
	Code postal et ville		
Pays		JAPON	
Nationalité		JAPONAISE	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			

REMISE DES PIÈCES DATE 17 AVRIL 2000 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0004923		Réservé à l'INPI		DB 540 W, 240899	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>			BIF022267/FR		
6 MANDATAIRE					
Nom					
Prénom					
Cabinet ou Société					
RINUY, SANTARELLI					
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel					
Adresse		Rue	14 AVENUE DE LA GRANDE ARMÉE		
		Code postal et ville	750017	PARIS	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 40 55 43 43			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>					
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>					
7 INVENTEUR (S)					
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée			
8 RAPPORT DE RECHERCHE					
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé			
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES					
Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence)</i>					
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)				VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI A. PAGNIER	
 Georges PERIN N°92.1191 RINUY, SANTARELLI					

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1 / 1.
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 V / 26/859

Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i>		BIF022267/FR/EP	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0004923	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Procédés et dispositifs d'indexation et de recherche d'images numériques prenant en compte la distribution spatiale du contenu des images.			
LE(S) DEMANDEUR(S) : CANON KABUSHIKI KAISHA			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		LABELLE	
Prénoms		Lilian	
Adresse	Rue	9, rue du Quai	
	Code postal et ville	22100	DINAN, France
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Le 17 avril 2000 Georges PERIN N°92.1191 RINUY, SANTARELLI	

This Page Blank (uspto)

5

10 La présente invention concerne un procédé d'indexation d'une image numérique prenant en compte la distribution spatiale du contenu visuel de l'image.

L'invention concerne également un procédé de recherche d'images à partir d'une image d'exemple, parmi une pluralité d'images stockées
15 dans une base de données, les images étant indexées selon le procédé d'indexation susmentionné.

L'invention concerne encore un dispositif apte à mettre en œuvre les procédés d'indexation et de recherche d'images précités.

Une méthode conventionnelle de recherche d'images numériques
20 dans une base de données contenant des images repose sur un système d'indexation des images dans la base de données.

Le but d'un système d'indexation est d'associer à chaque image de la base une information caractéristique du contenu de l'image appelé "index de l'image". L'ensemble de ces informations constituant ce que l'on désigne par
25 "index de la base de données". Typiquement, le contenu d'une image est caractérisé par sa distribution de couleurs (histogramme), sa texture ou sa forme.

Un utilisateur interroge une base de données d'images au travers d'une requête contenant une information caractéristique du type d'image recherchée. Classiquement, cette requête est constituée par une image d'exemple. L'utilisateur choisie une image, de la base de données ou
5 extérieure à celle-ci, dont le contenu est similaire au type d'image recherchée. Le contenu de l'image d'exemple est alors comparé avec le contenu de l'index de la base de données selon une stratégie de recherche. Finalement, l'image de la base dont l'information indexée a la plus grande similarité avec le contenu de l'image d'exemple est extraite. Généralement, plusieurs images sont
10 extraites de la base pour être présentées à l'utilisateur, ordonnées selon l'importance de leur similarité avec la requête. Celui-ci procède alors à un choix parmi les images présentées.

Classiquement, il y a deux approches pour définir la stratégie de recherche. Celle-ci peut être de type linéaire ou de type hiérarchique.

15 L'approche linéaire consiste à considérer la base de données comme un vecteur unique dont chaque composante est une image associée à un index. La stratégie consiste alors à calculer la similarité entre l'index de l'image d'exemple et celui associé à chacune des composantes de ce vecteur. Cette stratégie est facile à mettre en œuvre, ce qui explique qu'elle soit souvent
20 utilisée. Cependant, lorsque la base de données contient un nombre élevé d'images, de l'ordre de plusieurs milliers, le temps de calcul pour la recherche peut être très grand, ce qui pénalise d'autant le temps de réponse à une requête.

Afin de diminuer le temps de calcul susmentionné, on peut utiliser
25 l'approche hiérarchique. Une technique connue de recherche hiérarchique utilise, pour chaque image de la base de données, un index composé de deux parties distinctes que l'on nommera ici "sous-index". Parmi ces deux sous-index, un premier sous-index est de type peu discriminant, tandis que le second sous-index est de type plus discriminant.

30 Le processus de recherche se déroule alors en deux étapes. Lors d'une première étape dite "étape de filtrage", on procède à un tri "grossier" des

images de la base de données en utilisant les premiers sous-index. A l'issue de cette étape, un sous-ensemble d'images est sélectionné. On procède alors à une deuxième étape dite "étape de mise en correspondance" opérée cette fois sur le sous-ensemble d'images retenu lors de la première étape, au cours de laquelle la recherche est affinée en utilisant les seconds sous-index. A l'issue de cette seconde étape, seules les images les plus ressemblantes à l'image d'exemple sont conservées.

Un exemple de procédé de recherche hiérarchique est donné dans l'article intitulé "*Multiresolution video indexing for subband video database*", de J. Lee et B. W. Dickinson, Proc. of SPIE : Storage and retrieval for images and videos databases, vol. 2185, San Jose, CA, février 1994. Le procédé de recherche enseigné dans cet article s'applique à des images compressées par une technique de décomposition en sous-bandes. A chacune des sous-bandes d'une image est associé un index. Selon ce procédé de recherche, on commence par comparer les index associés à la bande dite "de basse fréquence" des images, puis on affine le résultat de la recherche obtenu par une comparaison des index associés aux bandes de plus hautes fréquences.

De manière générale, les procédés de recherche hiérarchique connus de l'état de la technique utilisent des index qui caractérisent le contenu global des images. Ainsi, dans le procédé de recherche enseigné dans le document susmentionné, les index caractérisent le contenu global de l'image selon plusieurs niveaux de résolution. Cependant, dans ces procédés de recherche, l'index d'une image donnée ne caractérise jamais le contenu visuel de cette image en fonction de sa distribution spatiale sur tout le support de l'image. La prise en compte de la distribution spatiale du contenu par l'index de l'image permettrait pourtant d'augmenter la précision de cet index et donc la précision de la recherche utilisant un tel index.

La présente invention a pour but de proposer un procédé d'indexation par lequel le contenu visuel d'une image donnée est caractérisé

notamment par sa distribution spatiale sur tout le support de l'image, ainsi qu'un procédé de recherche utilisant ledit procédé d'indexation.

A cet effet, la présente invention concerne, selon un premier aspect, un procédé d'indexation d'une image numérique caractérisé en ce qu'il
5 comporte les étapes suivantes :

- générer une première information ($H(I_m)$) caractéristique du contenu visuel de ladite image (I_m) ;
- générer une seconde information ($W(I_m)$) caractéristique de la distribution spatiale du contenu visuel de l'image (I_m) dans son plan image ;
- 10 - associer à ladite image (I_m) un index ($IDX(I_m)$) composé de la première information ($H(I_m)$) et de la seconde information ($W(I_m)$).

Ainsi, l'index d'une image obtenu par ce procédé est représentatif du contenu visuel de l'image de par la première information ($H(I_m)$) qui le compose, et est aussi représentatif de la distribution spatiale du contenu dans
15 le plan image de part la seconde information ($W(I_m)$) qui le compose. En conséquence, ce procédé d'indexation améliore la représentativité de l'index par rapport à l'image à laquelle il se rapporte, et augmente la précision d'une recherche d'images basée sur l'utilisation de tels index.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, l'étape de
20 génération de la première information ($H(I_m)$) comporte les sous-étapes suivantes :

- découper le plan image de ladite image (I_m) selon une partition comprenant un nombre prédéfini N de blocs (B_i) ;
- extraire de chacun desdits blocs (B_i) une donnée d'un premier
25 type ($h_i^{I_m}$) représentative d'au moins une caractéristique du contenu visuel du bloc considéré ;
- générer ladite première information ($H(I_m)$) comme étant un vecteur ayant N composantes chacune desquelles étant une des données du premier type ($h_i^{I_m}$).

Ainsi, la première information ($H(I_m)$), caractéristique du contenu visuel de l'image, est représentative du contenu local (à l'intérieur des blocs) de l'image, ce qui augmente encore la précision de l'index.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, l'étape de
5 génération de la seconde information ($W(I_m)$) comporte les sous-étapes suivantes :

- calculer pour chacun des blocs (B_i) une donnée d'un second type (w_i^{lm}) indicative d'un degré d'importance du contenu visuel du bloc (B_i) considéré par rapport au contenu global de la l'image (I_m) ;
- 10 - générer la seconde information ($W(I_m)$) comme étant un vecteur ayant N composantes chacune desquelles étant une des données du second type (w_i^{lm}).

En mesurant l'importance, pour chacun des blocs considérés de l'image, du contenu local du bloc par rapport au contenu global de l'image, on
15 obtient finalement une seconde information ($W(I_m)$) qui est indicative de la distribution spatiale dans le plan image de la première information ($H(I_m)$), caractéristique du contenu visuel de l'image. La seconde information ainsi calculée permet de rendre l'index de l'image efficacement représentatif de la distribution spatiale du contenu visuel de l'image dans son plan image.

20 Selon un aspect particulier du premier mode de réalisation, pour chacun des blocs (B_i), la donnée d'un second type (w_i^{lm}) indicative d'un degré d'importance du contenu visuel du bloc (B_i) considéré par rapport au contenu global de l'image (I_m), est obtenue par le calcul du rapport entre la norme euclidienne de la donnée (h_i^{lm}) du premier type associée au bloc (B_i) considéré
25 et la somme des normes euclidiennes des données du premier type associées à tous les blocs de l'image (I_m).

Ce mode de calcul de la donnée du second type (w_i^{lm}) associée à chacun des blocs (B_i) de l'image, allie rapidité et efficacité.

Selon un second mode de réalisation de l'invention, le plan image de l'image (Im) est découpé selon un processus de décomposition en arbre quaternaire par laquelle à chaque phase de la décomposition un bloc considéré, dit "bloc père" (B_p), est décomposé en quatre blocs, dits "blocs fils"

- 5 (B_f^p), de taille égale au quart de celle du bloc père, et dont la réunion donne le bloc père, la décomposition débutant avec le plan image global de l'image (Im) et se terminant lorsque le nombre prédéfini N de blocs est atteint. D'autre part, à chaque phase de la décomposition, il est calculé pour chacun des blocs fils (B_f^p), une donnée (w_f^p) d'un second type, indicative d'un degré d'importance
- 10 du contenu visuel du bloc fils considéré par rapport au contenu visuel global du bloc père (B_p). La seconde information (W(Im)) est alors constituée de l'ensemble des données (w_f^p) du second type mémorisées selon une structure d'arbre quaternaire dont chacun des nœuds est constitué par une des données du second type.

- 15 Contrairement au mode de réalisation dans lequel le plan de l'image est découpé selon une grille prédéfinie de blocs, dans ce mode de réalisation, le processus de décomposition en arbre quaternaire dans lequel on prédéfinit un nombre N de blocs à atteindre, permet d'adapter la définition de la grille de découpage à la distribution spatiale du contenu de l'image.

- 20 Selon un aspect particulier du second mode de réalisation, à chacune des phases de la décomposition en arbre quaternaire de l'image (Im), il est extrait du bloc père (B_p) considéré une donnée (h_p) du premier type représentative d'au moins une caractéristique de son contenu visuel et, pour chaque bloc fils (B_f^p) obtenu par décomposition du bloc père (B_p), il est extrait
- 25 une donnée (h_f^p) du premier type représentative d'au moins une caractéristique du contenu visuel du bloc fils considéré. La donnée (w_f^p) du second type indicative d'un degré d'importance du contenu visuel d'un bloc fils (B_f^p) considéré par rapport au contenu visuel global du bloc père (B_p)

correspondant, est obtenue par le calcul du rapport entre la norme euclidienne de la donnée (h_f^p) du premier type extraite pour le bloc fils (B_f^p) considéré et la norme euclidienne de la donnée (h_p) du premier type extraite du bloc père (B_p) correspondant.

5 Pour chaque bloc fils nouvellement créé, on calcule ainsi une donnée (w_f^p) du second type indicative d'un degré d'importance du contenu visuel du bloc fils par rapport au contenu visuel global du bloc père correspondant. De ce fait, le processus de subdivision des blocs pourra être itératif.

10 Selon une caractéristique particulière de réalisation de l'invention, chacune des données du premier type représentative d'au moins une caractéristique du contenu visuel d'un bloc considéré d'une image à indexer, est représentative de la distribution des couleurs dans le bloc.

La présente invention concerne, selon un second aspect, un
15 procédé de recherche d'images, à partir d'une image d'exemple, dans une base de données dans laquelle sont stockées des images numériques. Conformément à l'invention ce procédé de recherche d'images est caractérisé en ce que l'image d'exemple et chacune des images stockées dans la base de données sont indexées selon un procédé d'indexation d'une image tel que
20 défini supra.

Chacune des images de la base de données étant associée à un index tel que défini supra, une recherche d'images selon un tel procédé sera par conséquent d'une fiabilité/précision accrue. En outre, les index étant composés de deux informations ($H(Im)$ et $W(Im)$), on pourra mettre en œuvre
25 un procédé de recherche de type hiérarchique.

Conformément à un mode préféré de réalisation de l'invention, le procédé de recherche d'images comporte les étapes suivantes :

- calculer une première similarité (Filter) entre l'image d'exemple (Q) et chacune des images (D) parmi une pluralité prédéfinie d'images

stockées, cette première similarité étant calculée à partir des secondes informations ($W(Q)$; $W(D)$) associées respectivement à l'image d'exemple (Q) et à l'image stockée (D) considérée ;

5 - fournir un premier sous-ensemble d'images sélectionnées parmi la pluralité prédéfinie d'images en fonction de leur degré de première similarité (Filter) avec l'image d'exemple (Q) ;

10 - calculer une seconde similarité (Match) entre l'image d'exemple (Q) et chacune des images (Ds) parmi le premier sous-ensemble d'images sélectionnées, cette seconde similarité étant calculée à partir des premières informations ($H(Q)$; $H(Ds)$) associées respectivement à l'image d'exemple (Q) et à l'image sélectionnée (Ds) considérée ;

15 - fournir au moins une image dite image résultat, cette ou ces image(s) résultat étant sélectionnée(s) parmi le premier sous-ensemble d'images sélectionnées, en fonction de son degré de seconde similarité (Match) avec l'image d'exemple.

20 Un tel procédé de recherche hiérarchique permet d'obtenir des temps de réponse à une requête qui sont faibles en comparaison de ceux qui seraient obtenus par l'utilisation d'un procédé de recherche linéaire basé sur seulement les premières informations ($H(Im)$). Cette différence étant d'autant plus importante que le nombre d'images dans la base est important.

25 Selon un premier mode de réalisation du procédé de recherche, lorsque les images sont indexées conformément au premier mode de réalisation susmentionné du procédé d'indexation conforme à la présente invention, l'étape de calcul d'une première similarité (Filter) entre l'image d'exemple (Q) et chacune des images (D) parmi une pluralité prédéfinie d'images stockées, est réalisée par le calcul d'une distance entre la seconde information ($W(Q)$) associée à l'image d'exemple et la seconde information ($W(D)$) associée à l'image stockée considérée (D).

30 Les secondes informations ($W(Im)$) qui sont contenues dans les index associés aux images de la base de données sont par nature peu

discriminantes, cependant un calcul de similarité, effectué comme décrit ci-dessus, entre deux de ces informations est très rapide. En conséquence, le calcul d'une "première similarité" entre l'image d'exemple et chacune des images de la base de données est globalement rapide.

5 Selon un second mode de réalisation du procédé de recherche ;
lorsque les images sont indexées conformément au second mode de
réalisation susmentionné du procédé d'indexation conforme à la présente
invention, l'étape de calcul d'une première similarité (Filter) précitée, est
réalisée par une méthode de détection d'isomorphisme appliquée aux arbres
10 quaternaires représentant les secondes informations ($W(Q)$; $W(D)$) associées
respectivement à l'image d'exemple (Q) et à l'image stockée (D) considérée.

L'utilisation d'une méthode de détection d'isomorphisme permet
de comparer rapidement la structure de deux graphes. Sachant que
l'information concernant la distribution spatiale du contenu d'une image est
15 déterminée par une structure de graphe, deux images sont considérées comme
similaires (première similarité), si la structure de graphe associée à leur
information respective, est proche l'une de l'autre.

Selon une caractéristique particulière du procédé de recherche
selon l'invention, l'étape de calcul d'une seconde similarité (Match) entre
20 l'image d'exemple (Q) et chacune des images (D_s) parmi le premier sous-
ensemble d'images sélectionnées, est réalisée par le calcul d'une distance
entre la première information ($H(Q)$) associée à l'image d'exemple et la
première information ($H(D)$) associée à l'image stockée considérée (D).

Cette seconde similarité permet de comparer le contenu de deux
25 images selon la première information ($H(Im)$) associée à chacune d'entre elles.
La mesure de cette similarité est coûteux en temps de calcul mais permet
d'obtenir des réponses précises à une requête de recherche donnée.

Plus particulièrement, l'étape de calcul de la seconde similarité
(Match) est réalisée par le calcul de la somme des distances entre chacune des
30 composantes (h_i^Q) de la première information ($H(Q)$) associée à l'image

d'exemple (Q) et la composante (h_i^{Ds}) correspondante de la première information (H(Ds)) associée à l'image stockée (Ds) considérée.

Selon un autre aspect, la présente invention concerne un dispositif de traitement de données numériques caractérisé en ce qu'il
5 comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'indexation d'image et/ou un procédé de recherche d'images tels que définis précédemment.

La présente invention concerne également un ordinateur, comportant un tel dispositif de traitement de données numériques.

10 L'invention vise également un programme d'ordinateur comportant une ou plusieurs séquence d'instructions apte à mettre en œuvre le procédé d'indexation d'images et/ou le procédé de recherche d'images selon l'invention lorsque le programme est chargé et exécuté dans un ordinateur.

L'invention vise aussi un support d'informations, tel qu'une
15 disquette ou un compact disque (CD), caractérisé en ce qu'il contient un tel programme d'ordinateur.

Les avantages de ce dispositif, cet ordinateur, ce programme d'ordinateur et ce support d'informations sont identiques à ceux des procédés tels que succinctement exposés supra.

20 D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après, faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma-bloc illustrant l'architecture générale d'un dispositif de recherche d'images dans lequel on peut implémenter
25 l'invention ;

- la figure 2 représente un organigramme illustrant la séquence des étapes d'un procédé de recherche hiérarchique d'images mis en œuvre dans le dispositif de la figure 1;

- la figure 3 représente un organigramme illustrant le principe
30 général d'un procédé d'indexation d'image selon l'invention ;

- la figure 4 illustre un exemple de découpage d'une image selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 5 illustre un exemple de découpage d'une image selon un second mode de réalisation de l'invention ;

5 - la figure 6 composée des figures 6a et 6b illustre un procédé de recherche d'images selon l'invention comprenant une première phase, dite de "filtrage" (fig. 6a), et une seconde phase, dite de "mise en correspondance" (fig. 6b) ;

10 - la figure 7 représente schématiquement un ordinateur adapté à mettre en œuvre les procédés d'indexation et/ou de recherche d'images conformes à la présente invention.

En référence à la **figure 1**, on va décrire l'architecture générale d'un dispositif de recherche d'images dans lequel on peut implémenter la présente invention.

15 Comme représenté à la figure 1, ce dispositif de recherche d'images comporte une base de données 11 contenant des images numériques stockées sous forme compressée ou non.

20 Une unité 10 d'entrée/sortie de données d'images permet l'entrée dans la base de données 11 de nouvelles images à stocker et de récupérer des image stockées et/ou les données indexées (index) à des images stockées.

25 Une unité 30 d'entrée d'une image d'exemple est associée à un dispositif d'entrée 31 pour permettre à un utilisateur d'entrer une image d'exemple pour servir de référence à la recherche. Typiquement, le dispositif d'entrée 31 comporte un dispositif de pointage telle qu'une souris, ainsi qu'un clavier.

 Une unité 20 de stockage de données d'images est destinée à mémoriser de façon temporaire les données récupérées de la base de données 11 ou bien les données associées à l'image d'exemple obtenue par les unités 30 et 31.

Une unité 40 a pour fonction de récupérer les données indexées aux images stockées dans la base de données ou de générer ces données pour les nouvelles images devant être stockées dans la base.

De même, une unité 50 est chargée de générer ou de récupérer
5 les données d'index associées à l'image d'exemple.

L'index associé à chaque image stockée est composé de deux sous-index, un premier sous-index peu discriminant et un second sous-index plus discriminant.

Une unité 60 de calcul de similarité est chargée d'évaluer la
10 similarité de l'image d'exemple avec les images de la base de données.

Une unité 70 de sélection d'images est chargée de trier les images de la base de données en fonction de leur similarité avec l'image d'exemple et de sélectionner une ou plusieurs images comme résultat de la recherche.

Le procédé de recherche étant de type hiérarchique, le calcul de
15 la similarité est effectué en deux étapes comme mentionné plus haut. On commence par une étape de filtrage, suivie d'une étape de "mise en correspondance".

Une unité d'affichage 90 comprenant typiquement un écran,
20 permet d'afficher des fenêtres de dialogue avec l'utilisateur ainsi que le résultat d'une recherche d'images, représenté par exemple sous forme d'images réduites (en anglais "*image thumbnails*").

Enfin, une unité de commande 80 commande et gère le fonctionnement global du dispositif de recherche d'images.

On notera que les diverses unités que l'on vient de décrire sont
25 réalisées par l'assemblage d'éléments matériels et logiciels (respectivement désignés par les termes "*hardware*" et "*software*" en anglais).

On va maintenant décrire, en liaison avec la **figure 2**, un procédé de recherche hiérarchique d'images mis en œuvre dans le dispositif de la figure
30 1.

Le procédé de recherche d'images commence par l'étape E1 à laquelle un utilisateur humain utilise l'unité 30 d'entrée d'image d'exemple associée au dispositif d'entrée 31, pour définir une image d'exemple qui servira de référence pour la recherche d'images dans la base de données.

- 5 L'utilisateur a le choix pour définir l'image d'exemple, entre désigner une image de la base de données, ou bien fournir une image extérieure à la base de données.

Pour pouvoir choisir une image de la base de données comme image d'exemple, l'utilisateur a la possibilité de demander à l'unité d'affichage
10 90 d'afficher à l'écran des images réduites ("*thumbnails*") correspondant aux images de la base de données. L'utilisateur peut alors sélectionner, à l'aide par exemple d'une souris, l'image réduite dont le contenu lui semble être caractéristique de celui de ou des images qu'il recherche. En variante, l'utilisateur peut également utiliser le clavier pour entrer la référence de l'image
15 stockée qu'il choisit comme image d'exemple. Enfin, si l'utilisateur choisit de fournir une image d'exemple extérieure à la base de données, il pourra par exemple fournir à l'unité 30 le chemin d'accès à cette image, qui sera accessible via un périphérique d'acquisition de données tel qu'un lecteur de disquettes ou de compact disques (CDROM) intégrés au dispositif d'entrée 31.

- 20 De retour à la figure 2, une fois une image d'exemple entrée par l'utilisateur (étape E1), à l'étape E3, l'unité 50 d'extraction d'index de l'image d'exemple récupère ou génère l'index de l'image d'exemple.

De même, à l'étape E5 suivante, l'unité 40 d'extraction d'index des images stockées extrait l'index associé à chacune des images stockées
25 dans la base.

Les index associés à l'image d'exemple et aux images stockées sont temporairement sauvegardés dans l'unité 20 de stockage des données d'images.

- 30 A l'étape E7, l'unité 60 de calcul de similarité récupère les index des images stockées et l'index de l'image d'exemple, précédemment mémorisés dans l'unité 20, et effectue un calcul d'une première similarité entre

l'image d'exemple et chacune des images stockées dont l'index a été extrait de la base de données. Cette "première similarité" est calculée sur la base des premiers sous-index (peu discriminants) associés à l'image d'exemple et aux images stockées.

- 5 A l'étape E9 qui suit, l'unité 70 de sélection d'images procède au tri et à une sélection des images stockées qui ont été comparées avec l'image d'exemple, selon leur degré de première similarité avec celle-ci. Par exemple, seules les images stockées dont le degré de similarité calculé est supérieur à un seuil prédéfini seront conservées. Parmi ces dernières seul un nombre
- 10 prédéfini d'images (par exemple 50) seront gardées comme ayant le degré de première similarité le plus élevé avec l'image d'exemple.

Les étapes E7 et E9 que l'on vient de décrire constituent la phase de "filtrage" du processus de recherche hiérarchique. A l'issue de cette phase un sous-ensemble d'images stockées dans la base a donc été sélectionné.

- 15 A l'étape E11 qui suit, on procède au calcul d'une seconde similarité effectué sur la base des seconds sous-index (plus discriminants) associés à l'image d'exemple et aux images stockées appartenant au sous-ensemble d'images obtenu lors de la phase de filtrage.

- 20 A l'étape E13 qui suit, l'unité 70 de sélection d'images procède au tri et à une sélection des images du sous-ensemble d'images qui ont été comparées avec l'image d'exemple, selon leur degré de seconde similarité avec celle-ci. Par exemple, seules les images stockées dont le degré de similarité calculé est supérieur à un seuil prédéfini seront conservées. Parmi ces dernières, seul un nombre prédéfini d'images (par exemple 5) seront
- 25 gardées comme ayant le degré de seconde similarité le plus élevé avec l'image d'exemple.

- Les étapes E11 et E13 que l'on vient de décrire constituent la phase de "mise en correspondance" du processus de recherche hiérarchique. A l'issue de cette phase un nombre prédéterminé d'images de la base de
- 30 données a été sélectionné comme étant le résultat de la recherche.

Ce résultat est affiché par l'unité d'affichage 90 sur un écran. En pratique, l'unité d'affichage affiche à l'écran des images réduites associées aux images sélectionnées. A l'écran, les images réduites sont typiquement ordonnées selon un ordre de similarité croissante ou décroissante avec l'image d'exemple. L'utilisateur peut alors choisir une ou plusieurs images qu'il juge conformes à sa requête.

En référence à la **figure 3**, on va maintenant décrire le principe général d'un procédé d'indexation d'image en conformité avec l'invention. Selon un mode préféré de réalisation de l'invention, ce procédé est mis en œuvre dans un dispositif de recherche d'images tel que décrit précédemment en liaison avec la figure 1.

Conformément à l'invention, ce procédé d'indexation d'une image donnée, notée Im , comporte essentiellement trois étapes : une étape E31 de génération d'une première information, dite "premier sous-index" et notée $H(Im)$, caractéristique du contenu visuel de l'image ; une étape E32 de génération d'une seconde information, dite "second sous-index" et notée $W(Im)$, caractéristique de la distribution spatiale dans le plan de l'image du contenu visuel de l'image ; et enfin une étape E33 d'association à l'image Im d'un index, noté $IDX(Im)$, et constitué des deux informations précitées.

L'index $IDX(Im)$ ainsi obtenu est stocké dans la base de données 11 en relation avec la représentation de stockage de l'image Im considérée, c'est-à-dire par exemple, avec le train binaire correspondant dans le cas d'un stockage sous forme compressée, ou bien, avec une représentation en mode points (en anglais "*bitmap representation*") dans le cas d'un stockage sous forme non compressée.

Comme représenté à la figure 3, l'étape E31 de génération de l'information caractéristique du contenu visuel de l'image se compose des sous-étapes E310 à E315.

A l'étape E310, l'image Im à indexer est découpée en un nombre entier N de blocs notés B_i (avec i compris entre 1 et N) formant une partition de l'image Im .

On rappellera ici que le terme "partition" doit être compris ici dans son sens mathématique que l'on rappelle ci-après.

Une partition d'un ensemble est un partage de cet ensemble en parties non vides, deux à deux disjointes, et dont la réunion est égale à l'ensemble.

Le processus selon lequel l'image est découpée sera décrit plus loin en liaison avec les figures 4 et 5.

Au cours des deux étapes suivantes, on commence par sélectionner (E311) un bloc B_i puis on extrait (E312) de ce bloc une donnée, notée h_i^{lm} , caractéristique du contenu visuel du bloc.

A l'étape suivante E313, on sauvegarde temporairement la donnée h_i^{lm} extraite, dans l'unité 20 de stockage de données d'images.

L'étape E314 qui suit est une étape de test dans laquelle on détermine si tous les blocs issus du découpage de l'image Im ont été traités ou non. Dans la négative, on retourne à l'étape E311 pour sélectionner un autre bloc et le processus recommence.

Dans l'affirmative, cela signifie que pour chaque bloc B_i il a été extrait et sauvegardé une donnée h_i^{lm} . Dans ce cas, on passe à l'étape E315 dans laquelle on génère l'information ($H(Im)$) caractéristique du contenu visuel de l'image Im (c'est-à-dire le premier sous-index) comme étant le vecteur à N composantes (N : nombre de blocs) dont chacune est une des données h_i^{lm} calculée au cours de l'étape E312. On peut donc exprimer $H(Im)$ de la façon suivante :

$$H(Im) = [h_1^{lm}, h_2^{lm}, \dots, h_N^{lm}]$$

Selon un mode préféré de réalisation de l'invention, chacune des données h_i^{lm} caractéristique du contenu visuel d'un bloc considéré de l'image à indexer (Im), est représentative de la distribution des couleurs dans le bloc.

En pratique, chacune des données h_i^{lm} est un histogramme de couleurs calculé pour le bloc B_i sélectionné (E311).

Le procédé utilisé dans le cadre de la présente invention pour calculer un histogramme de couleurs à partir d'une image est connu de l'état de la technique. On pourra, pour obtenir plus de détails sur l'indexation d'une image basée sur les couleurs, se référer par exemple à l'article de M. J. Swain et D. H. Ballard, intitulé "*Color Indexing*", International Journal of Computer Vision, 7:1, 1991.

En référence à la **figure 4**, on va décrire maintenant un exemple de découpage d'une image selon un premier mode de réalisation de l'invention.

Dans l'exemple de découpage illustré à la figure 4, l'image Im (2) à traiter est découpée selon une grille rectangulaire en 16 blocs (N=16), B_i à B₁₆, de même surface.

Toujours selon le premier mode de réalisation de l'invention, on va maintenant détailler l'étape (cf. fig. 3, E32) de génération d'une seconde information, dite "second sous-index" et notée W(Im), caractéristique de la distribution spatiale dans le plan de l'image du contenu visuel de l'image Im à indexer.

Conformément à l'invention, dans ce mode de réalisation, l'étape de génération du second sous-index W(Im) comporte les sous-étapes suivantes.

Lors d'une première sous-étape, on calcule pour chacun des blocs (B_i) de l'image, une donnée, notée w_i^{lm} , indicative d'un degré d'importance du contenu visuel du bloc B_i considéré par rapport au contenu global de l'image Im.

Lors d'une seconde sous-étape, on génère le second sous-index W(Im) comme étant le vecteur à N composantes (N : nombre de blocs) dont chacune des composantes est une des données w_i^{lm} calculées lors de la première sous-étape précitée. On peut donc exprimer W(Im) de la façon suivante :

$$W(Im) = [w_1^{lm}, w_2^{lm}, \dots, w_N^{lm}]$$

Ainsi, ce second sous-index est effectivement caractéristique de la distribution spatiale du contenu de l'image Im dans son plan image.

En conformité avec un mode préféré de réalisation de l'invention, pour chacun des blocs B_i de l'image à indexer, on obtient la donnée w_i^{lm} qui est
 5 indicative d'un degré d'importance du contenu visuel du bloc B_i considéré par rapport au contenu global de l'image Im, par application de la formule suivante :

$$w_i^{lm} = \frac{\|h_i^{lm}\|}{\sum_{i=1}^N \|h_i^{lm}\|} \quad (1)$$

dans laquelle h_i^{lm} est la donnée caractéristique du contenu visuel du bloc considéré, extraite au cours de la génération du premier sous-index
 10 $H(Im)$ de l'image (cf. fig. 3, E312). Comme mentionné précédemment, en pratique, chacune des données h_i^{lm} est un histogramme de couleurs calculé pour le bloc B_i considéré.

Ainsi, chacune des données w_i^{lm} est obtenue par le calcul du rapport entre la norme euclidienne de la donnée h_i^{lm} caractéristique du contenu
 15 visuel du bloc considéré et la somme des normes euclidiennes de ces données h_i^{lm} associées à tous les blocs de l'image Im.

En référence à la **figure 5**, on va décrire maintenant un exemple de découpage d'une image selon un second mode de réalisation de l'invention.

Selon ce second mode de réalisation, le plan image de l'image
 20 (Im) est découpé selon un processus de décomposition en arbre quaternaire.

A chaque phase de la décomposition, un bloc considéré, dit "bloc père" et noté B_p , est décomposé en quatre blocs, dits "blocs fils" et notés B_f^p , de taille égale au quart de celle du bloc père, et dont la réunion donne le bloc père.

25 La décomposition débute avec le plan image global de l'image Im et se termine lorsqu'un nombre prédéfini N de blocs est atteint.

Par exemple, si le nombre prédéfini de blocs est 16, la décomposition s'effectuera en deux phases seulement.

Comme représenté à la figure 5, lors d'une phase considérée, un bloc père B_p est décomposé en quatre blocs fils : B_0^p , B_1^p , B_2^p et B_3^p .

Conformément à l'invention, à chaque phase de la décomposition de l'image en arbre quaternaire, on calcule pour chacun des blocs fils B_f^p , une donnée w_f^p indicative du degré d'importance du contenu visuel du bloc fils considéré par rapport au contenu visuel global du bloc père B_p correspondant.

L'ensemble de ces données w_f^p calculées au cours de chacune des phases de la décomposition est alors mémorisé selon une structure d'arbre quaternaire dont chacun des nœuds est constitué par une de ces données.

On génère alors le second sous-index $W(\text{Im})$ comme étant constitué de l'ensemble des données w_f^p mémorisées selon la structure d'arbre quaternaire.

On va détailler maintenant, en conformité avec un mode préféré de réalisation de l'invention, la méthode selon laquelle on calcule une donnée w_f^p indicative du degré d'importance du contenu visuel d'un bloc fils par rapport au contenu visuel global du bloc père B_p correspondant.

A chacune des phases de la décomposition en arbre quaternaire de l'image Im à indexer, on extrait du bloc père B_p considéré une donnée, notée h_p , représentative d'au moins une caractéristique de son contenu visuel et, pour chaque bloc fils B_f^p obtenu par décomposition du bloc père B_p considéré, on extrait une donnée, notée h_f^p , représentative d'au moins une caractéristique du contenu visuel du bloc fils considéré.

On obtient alors la donnée w_f^p indicative du degré d'importance du contenu visuel d'un bloc fils B_f^p considéré par rapport au contenu visuel global du bloc père B_p correspondant, par application de la formule suivante :

$$w_f^p = \frac{\|h_f^p\|}{\|h_p\|} \quad (2)$$

Ainsi, une donnée w_f^p calculée pour un bloc fils considéré B_f^p est obtenue par le calcul du rapport entre la norme euclidienne de la donnée h_f^p extraite de ce bloc fils B_f^p et la norme euclidienne de la donnée h_p extraite du bloc père B_p correspondant.

Selon un mode préféré de réalisation de l'invention, chacune des données h_f^p , h_p caractéristiques respectivement du contenu visuel d'un bloc fils considéré B_f^p de l'image Im et du contenu visuel du bloc père B_p dont ce bloc fils est issu, est représentative de la distribution des couleurs dans le bloc.

En pratique, chacune des données h_f^p , h_p est un histogramme de couleurs extrait du bloc correspondant.

Toujours dans ce mode de réalisation de l'invention, dans lequel une l'image à indexer Im est décomposée selon un arbre quaternaire, le premier sous-index H(Im), c'est-à-dire l'information caractéristique du contenu visuel de l'image (Im), est constitué par le vecteur composé des données h_f^p obtenues lors de la dernière phase de la décomposition de l'image. C'est-à-dire, les données h_f^p extraites pour les N blocs fils obtenus lors de cette dernière phase.

En référence maintenant à la **figure 6** composée des figures 6a et 6b, on va décrire un procédé de recherche hiérarchique basé sur une technique d'indexation en conformité avec la présente invention.

On va d'abord décrire la première phase dite de "filtrage" (en anglais "*filtering phase*") en liaison avec la figure 6a, on décrira ensuite, en liaison avec la figure 6b, la phase dite de "mise en correspondance" (en anglais "*matching phase*").

Dans la **figure 6a**, le processus de recherche conforme à la présente invention débute à l'étape E601 dans laquelle on récupère l'index de

l'image d'exemple Q, noté $IDX(Q)$. L'index de l'image d'exemple, comme l'index de chacune des images stockées dans la base de données, se compose du premier sous-index $H(Q)$ caractéristique du contenu visuel de l'image, et du second sous-index $W(Q)$ caractéristique de la distribution spatiale du contenu visuel de l'image dans son plan image.

A l'étape suivante un compteur i est initialisé à zéro. Ce compteur servira à compter le nombre d'images traitées de la base de données.

A l'étape E605 qui suit, on sélectionne une image, notée D, de la base de données, dans le but d'être comparée avec l'image d'exemple. A cet effet, on récupère à l'étape E607, l'index, noté $IDX(D)$, associé à cette image.

On notera ici que, bien que dans un mode préféré de l'invention toutes les images stockées dans la base sont comparées avec l'image d'exemple, on peut également, à titre de variante, prédéfinir un nombre ou un sous-ensemble d'images stockées sur lequel portera la recherche. Dans ce qui suit, on note "NB" le nombre d'images stockées sur lequel porte la recherche.

A l'étape E609, on calcule une première similarité, notée $Filter(Q, D)$, entre l'image d'exemple Q et l'image considérée D. Cette première similarité est calculée à partir des sous-index $W(Q)$ et $W(D)$ associés respectivement à l'image d'exemple et à l'image stockée considérée.

Dans le mode de réalisation de l'invention décrit en relation avec la figure 4, on a :

$$W(Q) = [w_1^Q, w_2^Q, \dots, w_N^Q] \quad \text{et} \quad W(D) = [w_1^D, w_2^D, \dots, w_N^D]$$

où chacune des données w_i^Q et w_i^D est indicative d'un degré d'importance du contenu visuel du bloc considéré de l'image d'exemple ou de l'image stockée considérée par rapport au contenu global de l'image (Q ou D).

Dans ce mode de réalisation, le calcul de la première similarité $Filter(Q, D)$ est réalisé par la détermination de la distance euclidienne entre le sous-index $W(Q)$ associé à l'image d'exemple, et le sous-index correspondant $W(D)$ associé à l'image stockée considérée.

Dans le mode de réalisation de l'invention décrit en relation avec la figure 5, dans lequel une image quelconque à indexer est décomposée selon une structure en arbre quaternaire, chaque sous-index, $W(Q)$, $W(D)$, est constitué de l'ensemble des données notées w_f^p et mémorisées selon la

5 structure d'arbre quaternaire (cf. supra, description en liaison avec la figure 5).

Dans ce mode de réalisation, le calcul de la première similarité, $Filter(Q, D)$, est réalisé par une méthode de détection d'isomorphisme appliquée aux arbres quaternaires représentant les sous-index $W(Q)$ et $W(D)$ associés respectivement à l'image d'exemple Q et à l'image stockée D

10 considérée.

Pour obtenir plus d'informations concernant les méthodes de détection d'isomorphisme de graphes, on pourra par exemple se reporter à l'ouvrage de B. T. Messmer, intitulé "*Subgraph isomorphism in polynomial time*", thesis, University of Bern, November 1995.

15 De retour à la figure 6a, une fois la première similarité $Filter(Q, D)$ calculée (E609), le résultat de ce calcul est sauvegardé temporairement en mémoire (unité 20, fig. 1) à l'étape E611.

L'étape suivante E613 est une étape de test dans laquelle on incrémente d'abord le compteur i puis on compare sa valeur au nombre NB

20 d'images stockées sur lequel porte la recherche.

Si la valeur du compteur i est strictement supérieure au nombre NB , cela signifie que l'on a calculé une première similarité $Filter(Q, D)$ pour toutes les NB images stockées. Dans ce cas, on passe à l'étape suivante E615.

25 Inversement, si la valeur du compteur i est inférieure ou égale au nombre NB , cela signifie que l'on n'a pas traité toutes les images stockées considérées pour la recherche. Dans ce cas, on repasse à l'étape E605 pour sélectionner une autre image stockée D , et le processus recommence comme précédemment décrit (E605 à E611).

A l'étape E615, on récupère toutes les valeurs de similarité $Filter(Q, D)$ mémorisées pour les NB images stockées, puis on trie ces valeurs. On procède alors à une sélection, en fonction des valeurs de similarité obtenues, d'un nombre prédéfini, noté "NB1", (par exemple égal à 50) d'images
 5 parmi les NB images stockées, comme étant les plus similaires avec l'image d'exemple.

Finalement, à l'étape E617, on sauvegarde les index des NB1 images sélectionnées.

Ainsi, à l'issue de la phase de filtrage du procédé de recherche,
 10 on a sélectionné parmi les images de la base de données, un sous-ensemble constitué d'un nombre NB1 d'images stockées. Dans ce qui suit on désigne par "image Ds" une image quelconque parmi les NB1 images stockées résultant du filtrage.

Une fois la phase de filtrage accomplie, on passe alors à la phase
 15 de "mise en correspondance" du processus de recherche qui débute par l'étape E619 de la **figure 6b**.

L'étape E619 est une étape d'initialisation dans laquelle on remet à zéro le compteur i. Le compteur i servira à compter les images Ds traitées lors de cette phase.

20 A l'étape suivante E621, on sélectionne une image Ds (plus précisément on récupère son index).

A l'étape E623, on procède au calcul d'une seconde similarité, notée $Match(Q, Ds)$, entre l'image d'exemple Q et l'image stockée considérée Ds. Cette seconde similarité est calculée à partir des sous-index $H(Q)$ et $H(Ds)$
 25 associés respectivement à l'image d'exemple et à l'image stockée considérée, et exprime une distance entre les deux sous-index $H(Q)$ et $H(Ds)$.

Comme exposé précédemment en liaison avec la fig. 3 (étape E31), chacun des sous-index $H(Q)$ et $H(Ds)$ est un vecteur à N composantes où N est le nombre de blocs issus du découpage des images. Chacune de ces
 30 composantes est caractéristique du contenu visuel d'un bloc correspondant. On a :

$$H(Q) = [h_1^Q, h_2^Q, \dots, h_N^Q] \quad \text{et} \quad H(Ds) = [h_1^{Ds}, h_2^{Ds}, \dots, h_N^{Ds}]$$

Selon un mode préféré de réalisation de l'invention, cette seconde similarité $Match(Q, Ds)$ est obtenue par le calcul de la somme des distances entre chacune des composantes h_i^Q du vecteur $H(Q)$ associée à l'image d'exemple et la composante h_i^{Ds} correspondante du vecteur $H(Ds)$ associée à l'image stockée Ds considérée.

Ce qui précède peut être exprimé par la formule suivante :

$$Match(Q, Ds) = \sum_{i=1}^N d(h_i^Q, h_i^{Ds}) \quad (3)$$

Selon un mode préféré de réalisation dans lequel les composantes h_i^Q, h_i^{Ds} sont des histogrammes de couleurs associés aux blocs correspondants des images Q et Ds , chacune des distances $d(h_i^Q, h_i^{Ds})$ est obtenue par le calcul de l'intersection entre ces histogrammes (h_i^Q et h_i^{Ds}).

Il est à noter que l'intersection entre histogrammes est connue de l'état de la technique. Pour obtenir plus de détails sur l'intersection entre histogrammes, on pourra se reporter, par exemple, à l'article de M. J. Swain et D. H. Ballard, intitulé "Color Indexing", International Journal of Computer Vision, 7:1, 1991.

De retour à la figure 6b, une fois le calcul de la seconde similarité $Match(Q, Ds)$ effectué (E623), on sauvegarde temporairement le résultat de ce calcul en mémoire (unité 20, fig.1) à l'étape E625.

L'étape suivante E627 est une étape de test dans laquelle on incrémente d'abord le compteur i puis on compare sa valeur au nombre NB1 d'images stockées sélectionnées lors de la phase de filtrage (fig. 6a).

Si la valeur du compteur i est strictement supérieure au nombre NB1, cela signifie que l'on a calculé une seconde similarité $Match(Q, Ds)$ pour toutes les NB1 images stockées sélectionnées. Dans ce cas, on passe à l'étape suivante E629.

Inversement, si la valeur du compteur i est inférieure ou égale au nombre NB1, cela signifie que l'on n'a pas traité toutes les images stockées sélectionnées pendant la phase de filtrage. Dans ce cas, on passe à nouveau à l'étape E621 pour sélectionner une autre image stockée D_s , et le processus recommence comme précédemment décrit (E621 à E627).

A l'étape E629, on récupère toutes les valeurs de similarité mémorisées pour les NB1 images stockées, puis on trie ces valeurs.

On procède ensuite à une sélection, en fonction des valeurs de similarité obtenues, d'un nombre prédéfini, noté "NB2", (par exemple égal à 10) d'images parmi les NB1 images stockées sélectionnées durant la phase de filtrage, comme étant les plus similaires avec l'image d'exemple.

Finalement, à l'étape E631, on sauvegarde les index des NB2 images sélectionnées à l'issue de la phase de mise en correspondance.

Ces NB2 images constituent le résultat final de la recherche. On pourra alors afficher à l'écran des images réduites correspondant à ces images, pour que l'utilisateur puisse choisir celle qu'il considère comme étant la plus conforme à sa requête.

En référence maintenant à la **figure 7**, on va décrire un ordinateur adapté à mettre en œuvre les procédés d'indexation et/ou de recherche d'images conformes à la présente invention et décrits supra en liaison avec les figures 2 à 6.

Il est à noter que l'ordinateur illustré à la figure 7 constitue un mode particulier de réalisation du dispositif général décrit supra en relation avec la figure 1.

Dans ce mode de réalisation, les procédés d'indexation et/ou de recherche d'images selon l'invention sont mis en œuvre par un programme d'ordinateur. Ce programme comporte une ou plusieurs séquences d'instructions dont l'exécution par ledit ordinateur permet la mise en œuvre des étapes de ces procédés.

Dans la figure 7, l'ordinateur 3 qui peut être typiquement un micro-ordinateur ou une station de travail, est connecté à différents périphériques, par exemple une caméra numérique 310 ou tout autre dispositif d'acquisition ou de stockage d'images, tel qu'un scanner, fournissant des informations (images, vidéo) à l'ordinateur 3. Ces images peuvent être stockées dans les moyens de stockage dont dispose l'ordinateur tels qu'un disque dur 304.

L'ordinateur 3 comporte également une interface de communication 308 relié à un réseau de communication 309, par exemple le réseau Internet bien connu, apte à transmettre à l'ordinateur des informations numériques.

L'ordinateur 3 comporte également des moyens de stockage de données tels qu'un disque dur 304, un lecteur de disquettes 305 permettant d'écrire des données sur une disquette 305 et de lire ces données. L'ordinateur peut également comporter un lecteur de compact disques (CDROM) (non représenté) sur lesquels peuvent être stockées des images, constituant ainsi une base de données, ainsi qu'un lecteur de cartes informatiques (PC-CARD) (non représenté).

Selon un mode préféré de réalisation de l'invention, le code exécutable du programme permettant de mettre en œuvre les précédés d'indexation et/ou de recherche d'images, est mémorisé dans le disque dur 304.

Selon une variante de réalisation, le code exécutable de ce programme est stocké dans une mémoire morte 300 (ROM, "*read only memory*") de l'ordinateur.

Selon une seconde variante de réalisation, le code exécutable du programme peut être téléchargé à partir du réseau de communication 309 via l'interface de communication 308 pour être mémorisé sur le disque dur 304.

L'ordinateur 3 comporte en outre un écran 302 permettant de visualiser des images et de servir d'interface graphique entre le programme et l'utilisateur, celui-ci pouvant formuler des requêtes à l'aide par exemple d'un

dispositif de pointage (non représenté) tel qu'une souris ou un crayon optique, et d'un clavier 303.

5 L'ordinateur comporte une unité centrale de traitement (CPU) 301 par exemple un microprocesseur, qui commande et dirige l'exécution des instructions du programme selon l'invention stockées dans la mémoire morte 300 ou dans le disque dur 304. L'unité centrale de traitement 301 exerce alors la fonction de l'unité de commande 80 décrite précédemment en relation avec la figure 1.

10 L'ordinateur comporte également une mémoire vive 307 (RAM, en anglais "*random access memory*") comportant des registres destinés à mémoriser les variables créées et modifiées pendant l'exécution du programme, notamment les variables mentionnées précédemment en relation avec la description des figures 2 et 6, comme on peut le voir dans la représentation agrandie de la RAM à la figure 7.

15 Finalement, l'ordinateur comporte un bus de communication 311 pour permettre la communication et l'interopérabilité entre les différentes unités précitées composant l'ordinateur 3.

Bien entendu, de nombreuses modifications peuvent être apportées au modes de réalisation de l'invention décrits ci-dessus sans sortir
20 du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'indexation d'une image numérique caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :
 - générer (E31) une première information ($H(I_m)$) caractéristique du contenu visuel de ladite image (I_m) ;
 - générer (E32) une seconde information ($W(I_m)$) caractéristique de la distribution spatiale du contenu visuel de l'image (I_m) dans son plan image ;
 - associer (E33) à ladite image (I_m) un index ($IDX(I_m)$) composé de ladite première information ($H(I_m)$) et de ladite seconde information ($W(I_m)$).
2. Procédé d'indexation d'une image numérique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de génération de ladite première information ($H(I_m)$) comporte les sous-étapes suivantes :
 - découper (E310) le plan image de ladite image (I_m) selon une partition comprenant un nombre prédéfini N de blocs (B_i) ;
 - extraire (E312) de chacun desdits blocs (B_i) une donnée d'un premier type ($h_i^{I_m}$) représentative d'au moins une caractéristique du contenu visuel du bloc considéré ;
 - générer (E315) ladite première information ($H(I_m)$) comme étant un vecteur ayant N composantes chacune desquelles étant une desdites données du premier type ($h_i^{I_m}$).
3. Procédé d'indexation d'une image numérique selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'étape de génération de ladite seconde information ($W(I_m)$) comporte les sous-étapes suivantes :
 - calculer pour chacun desdits blocs (B_i) une donnée d'un second type ($w_i^{I_m}$) indicative d'un degré d'importance du contenu visuel du bloc (B_i) considéré par rapport au contenu global de la ladite image (I_m) ;

- générer (E32) ladite seconde information ($W(lm)$) comme étant un vecteur ayant N composantes chacune desquelles étant une desdites données du second type (w_i^{lm}).

4. Procédé d'indexation d'une image selon la revendication 3, caractérisé en ce que pour chacun desdits blocs (B_i), ladite donnée d'un second type (w_i^{lm}) indicative d'un degré d'importance du contenu visuel du bloc (B_i) considéré par rapport au contenu global de ladite image (lm), est obtenue par application de la formule suivante :

$$w_i^{lm} = \frac{\|h_i^{lm}\|}{\sum_{i=1}^N \|h_i^{lm}\|}$$

selon laquelle ladite donnée du second type (w_i^{lm}) est obtenue par le calcul du rapport entre la norme euclidienne de la donnée (h_i^{lm}) du premier type associée au bloc (B_i) considéré et la somme des normes euclidiennes des données du premier type associées à tous les blocs de l'image (lm).

5. Procédé d'indexation d'une image selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le plan image de ladite image (lm) est découpé selon une grille rectangulaire.

6. Procédé d'indexation d'une image selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit nombre prédéfini N de blocs est égal à seize.

7. Procédé d'indexation d'une image numérique selon la revendication 2, caractérisé en ce que :

- le plan image de ladite image (lm) est découpé selon un processus de décomposition en arbre quaternaire par laquelle à chaque phase de la décomposition un bloc considéré, dit "bloc père" (B_p), est décomposé en quatre blocs, dits "blocs fils" (B_f^p), de taille égale au quart de celle du bloc père, et dont la réunion donne le bloc père, ladite décomposition débutant avec le plan image global de ladite image (lm) et se terminant lorsque le nombre prédéfini N de blocs est atteint ;

- à chaque phase de la décomposition, il est calculé pour chacun desdits blocs fils (B_f^p), une donnée (w_f^p) d'un second type, indicative d'un degré d'importance du contenu visuel du bloc fils considéré par rapport au contenu visuel global du bloc père (B_p); et

5 - ladite seconde information ($W(lm)$) est constituée de l'ensemble desdites données (w_f^p) du second type mémorisées selon une structure d'arbre quaternaire dont chacun des nœuds est constitué par une desdites données du second type.

8. Procédé d'indexation d'une image selon la revendication 7,
10 caractérisé en ce que :

- à chacune des phases de la décomposition en arbre quaternaire de ladite image (lm), il est extrait du bloc père (B_p) considéré une donnée (h_p) du premier type représentative d'au moins une caractéristique de son contenu visuel et, pour chaque bloc fils (B_f^p) obtenu par décomposition dudit bloc père
15 (B_p), il est extrait une donnée (h_f^p) du premier type représentative d'au moins une caractéristique du contenu visuel du bloc fils considéré ;

- ladite donnée (w_f^p) du second type indicative d'un degré d'importance du contenu visuel d'un bloc fils (B_f^p) considéré par rapport au contenu visuel global du bloc père (B_p) correspondant, est obtenue par
20 application de la formule suivante :

$$w_f^p = \frac{\|h_f^p\|}{\|h_p\|}$$

selon laquelle ladite donnée du second type (w_f^p) calculée pour un bloc fils considéré (B_f^p) est obtenue par le calcul du rapport entre la norme euclidienne de la donnée (h_f^p) du premier type extraite pour ledit bloc fils (B_f^p)

considéré et la norme euclidienne de la donnée (h_p) du premier type extraite du bloc père (B_p) correspondant.

9. Procédé d'indexation d'une image selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que chacune desdites données du premier type représentative d'au moins une caractéristique du contenu visuel d'un bloc considéré de ladite image, est représentative de la distribution des couleurs dans ledit bloc.

10. Procédé de recherche d'images, à partir d'une image d'exemple, dans une base de données dans laquelle sont stockées des images numériques, caractérisé en ce que ladite image d'exemple et chacune des images stockées dans la base de données sont indexées selon un procédé d'indexation d'une image conforme à l'une quelconque des revendications précédentes.

11. Procédé de recherche d'images selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- calculer (E609) une première similarité (Filter) entre ladite image d'exemple (Q) et chacune des images (D) parmi une pluralité prédéfinie d'images stockées, ladite première similarité étant calculée à partir desdites secondes informations ($W(Q)$; $W(D)$) associées respectivement à ladite image d'exemple (Q) et à l'image stockée (D) considérée ;

- fournir (E617) un premier sous-ensemble d'images sélectionnées (E615) parmi ladite pluralité prédéfinie d'images en fonction de leur degré de première similarité (Filter) avec ladite image d'exemple (Q) ;

- calculer (E623) une seconde similarité (Match) entre ladite image d'exemple (Q) et chacune des images (Ds) parmi ledit premier sous-ensemble d'images sélectionnées, ladite seconde similarité étant calculée à partir desdites premières informations ($H(Q)$; $H(Ds)$) associées respectivement à ladite image d'exemple (Q) et à l'image sélectionnée (Ds) considérée ;

- fournir (E631) au moins une image dite image résultat, ladite au moins une image résultat étant sélectionnée (E629) parmi ledit premier sous-ensemble d'images sélectionnées, en fonction de son degré de seconde similarité (Match) avec ladite image d'exemple.

- 5 12. Procédé de recherche d'images selon la revendication 11 lorsqu'elle est combinée avec l'une quelconque des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que l'étape (E609) de calcul d'une première similarité (Filter) entre ladite image d'exemple (Q) et chacune des images (D) parmi une pluralité prédéfinie d'images stockées, est réalisée par le calcul d'une distance entre la
 - 10 seconde information (W(Q)) associée à ladite image d'exemple et la seconde information (W(D)) associée à ladite image stockée considérée (D).
- 15 13. Procédé de recherche d'images selon la revendication 11 lorsqu'elle est combinée avec la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que l'étape (E609) de calcul d'une première similarité (Filter) entre ladite image
 - 15 d'exemple (Q) et chacune des images (D) parmi une pluralité prédéfinie d'images stockées, est réalisée par une méthode de détection d'isomorphisme appliquée aux arbres quaternaires représentant lesdites secondes informations (W(Q) ; W(D)) associées respectivement à ladite image d'exemple (Q) et à l'image stockée (D) considérée.
- 20 14. Procédé de recherche d'images selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que l'étape de calcul d'une seconde similarité (Match) entre ladite image d'exemple (Q) et chacune des images (Ds) parmi ledit premier sous-ensemble d'images sélectionnées, est réalisée par le calcul d'une distance entre la première information (H(Q)) associée à ladite
 - 25 image d'exemple et la première information (H(D)) associée à ladite image stockée considérée (D).
- 30 15. Procédé de recherche d'images selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'étape de calcul de ladite seconde similarité (Match) est réalisée par le calcul de la somme des distances entre chacune des composantes (h_i^Q) de la première information (H(Q)) associée à l'image

d'exemple (Q) et la composante (h_i^{Ds}) correspondante de la première information (H(Ds)) associée à l'image stockée (Ds) considérée.

16. Procédé de recherche d'images selon la revendication 15, caractérisé en ce que chacune des composantes (h_i^Q, h_i^{Ds}) desdites premières informations (H(Q), H(D)) associées à l'image d'exemple (Q) et à l'image stockée (Ds) considérée est un histogramme de couleurs et ladite somme des distances entre ces composantes est la somme des intersections entre ces composantes.

17. Dispositif de traitement de données numériques caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'indexation d'images selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

18. Dispositif de traitement de données numériques caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé de recherche d'images selon l'une quelconque des revendications 10 à 16.

19. Dispositif de traitement de données numériques caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'indexation d'images selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, et des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé de recherche d'images selon l'une quelconque des revendications 10 à 16.

20. Ordinateur, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de traitement de données numériques selon la revendication 17 ou 18.

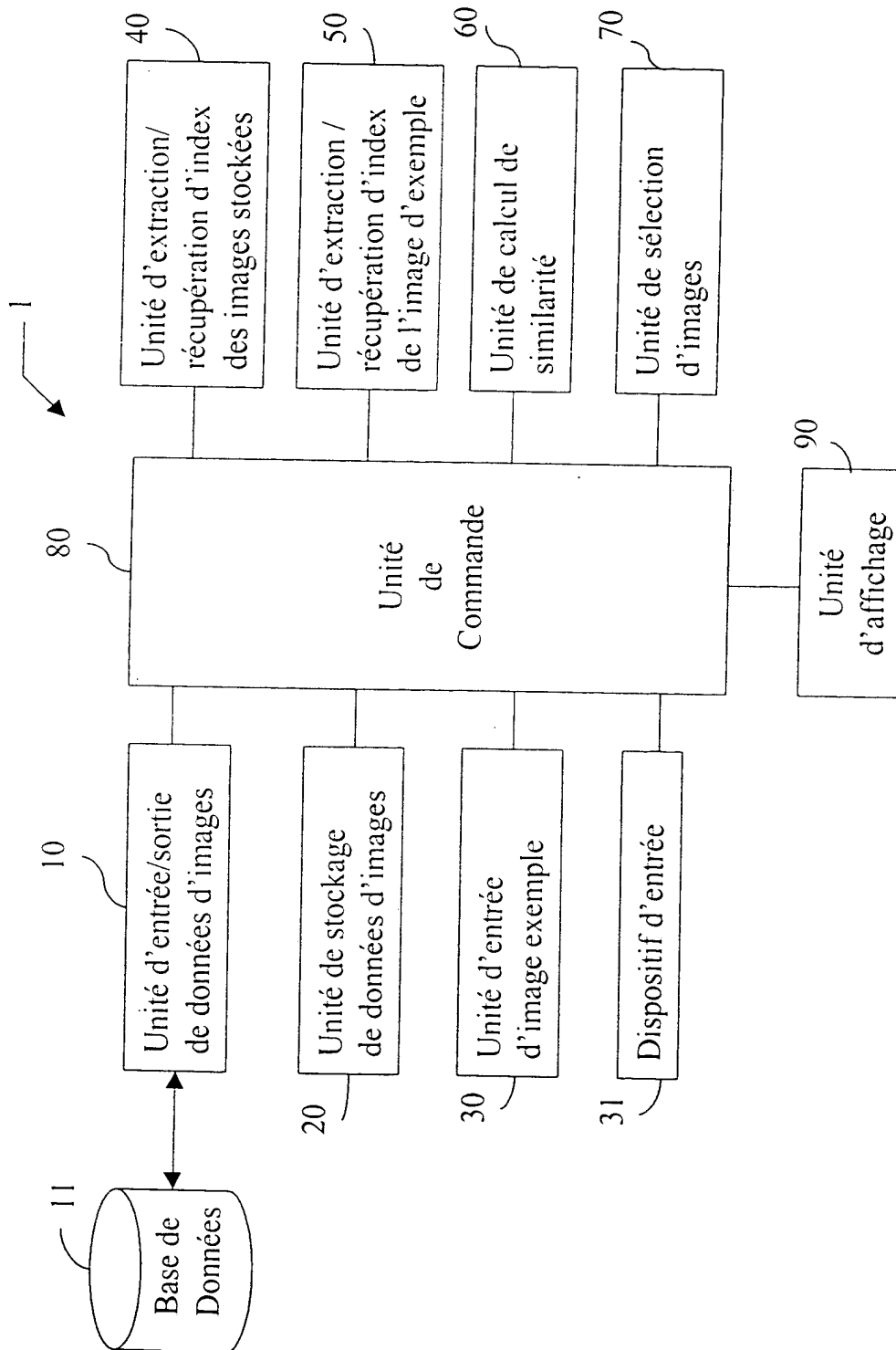
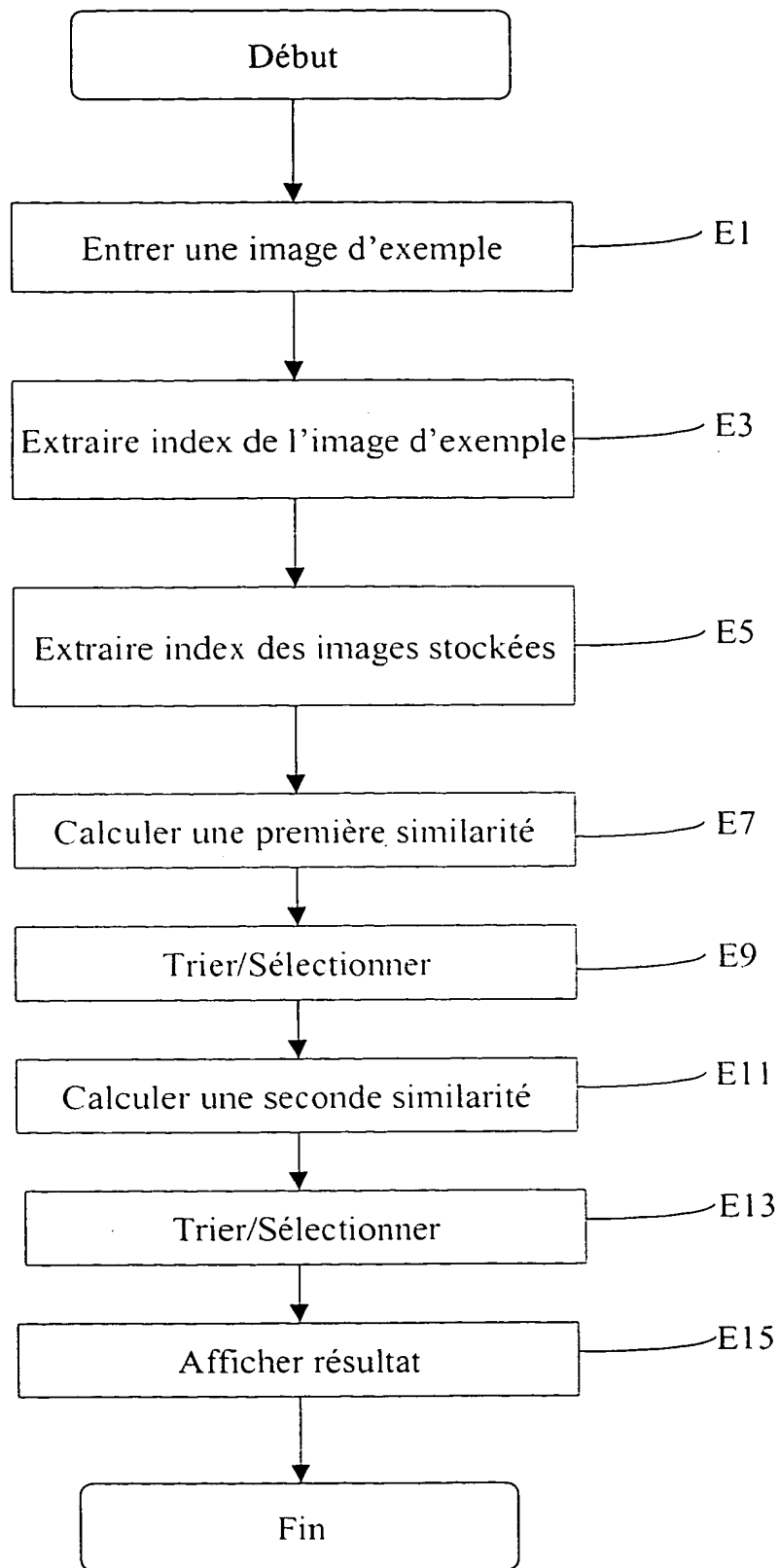


FIG. 1

**FIG. 2**

3/8

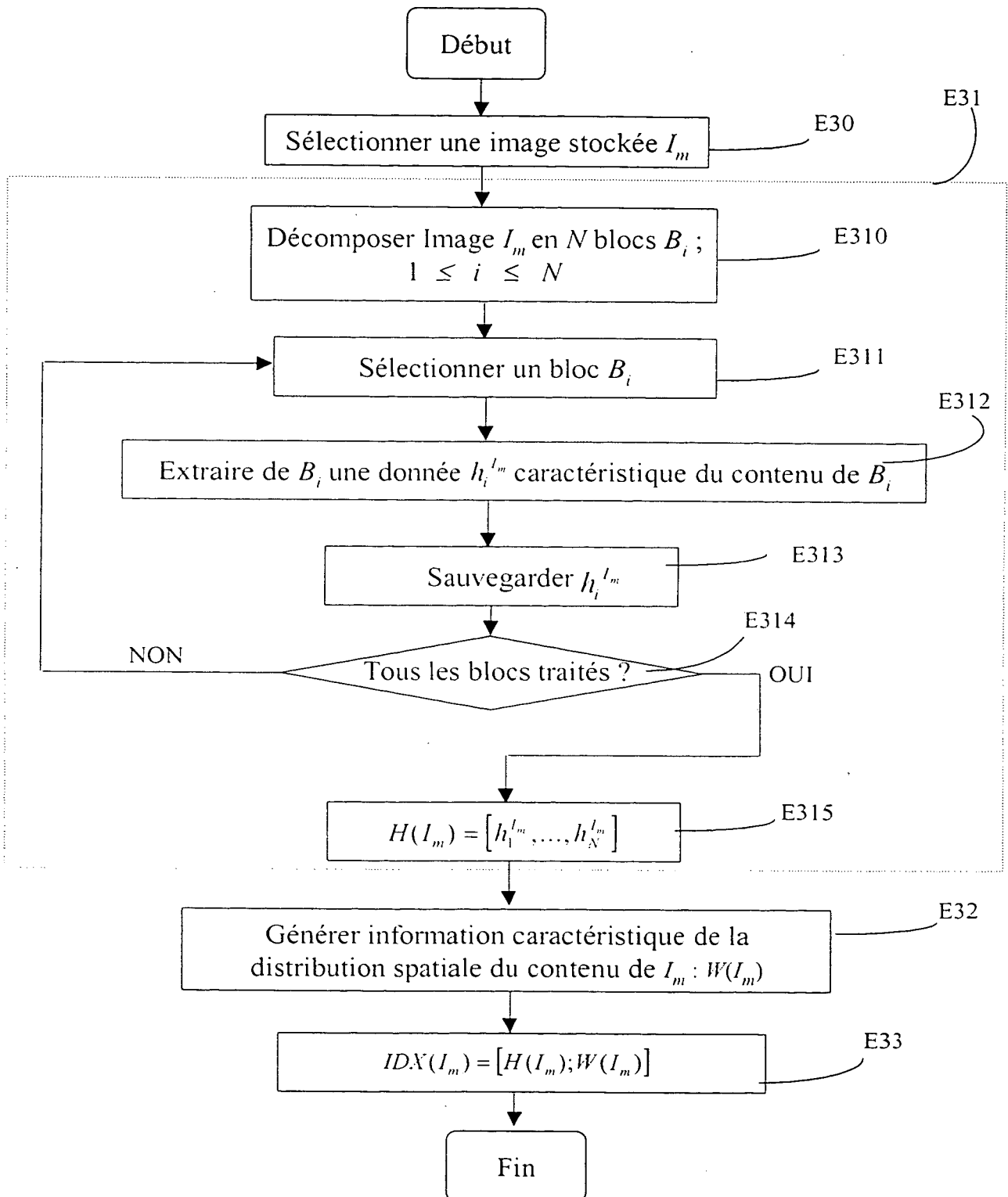


FIG.3

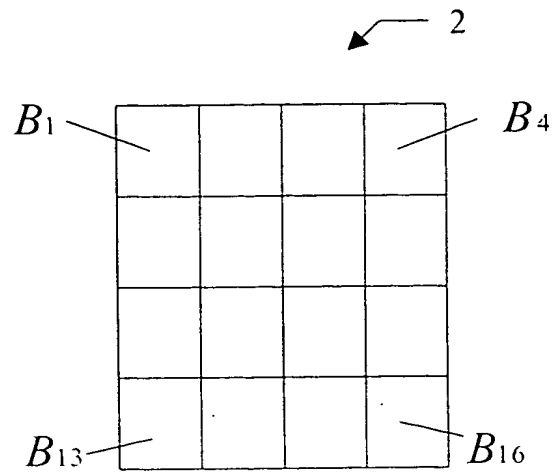
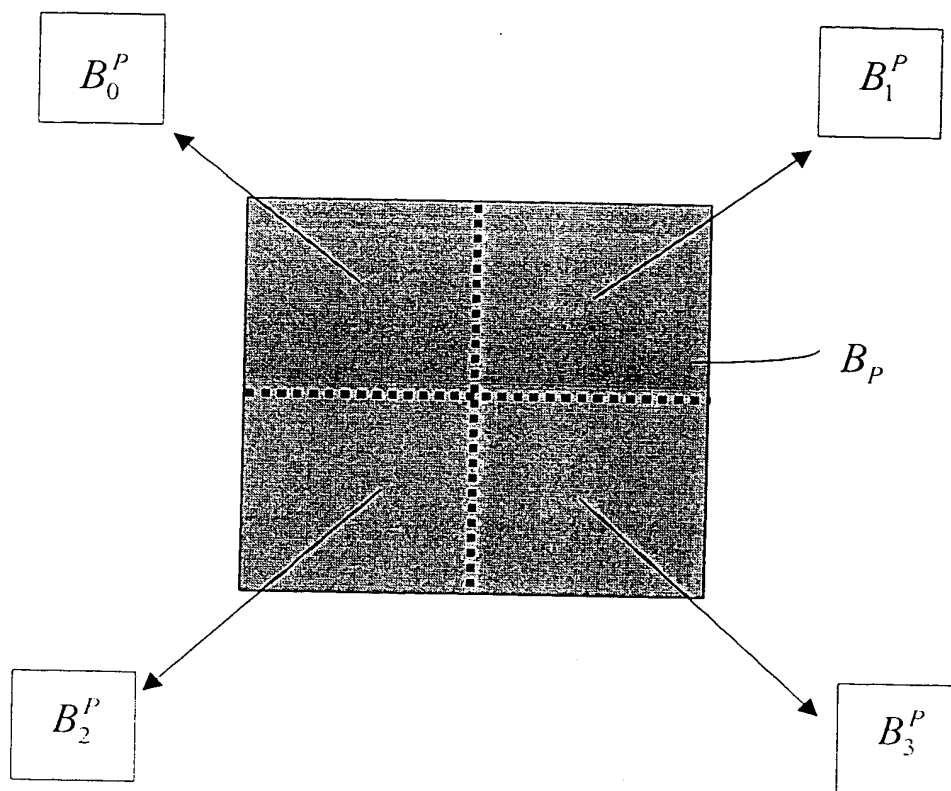


FIG. 4

**FIG. 5**

6/8

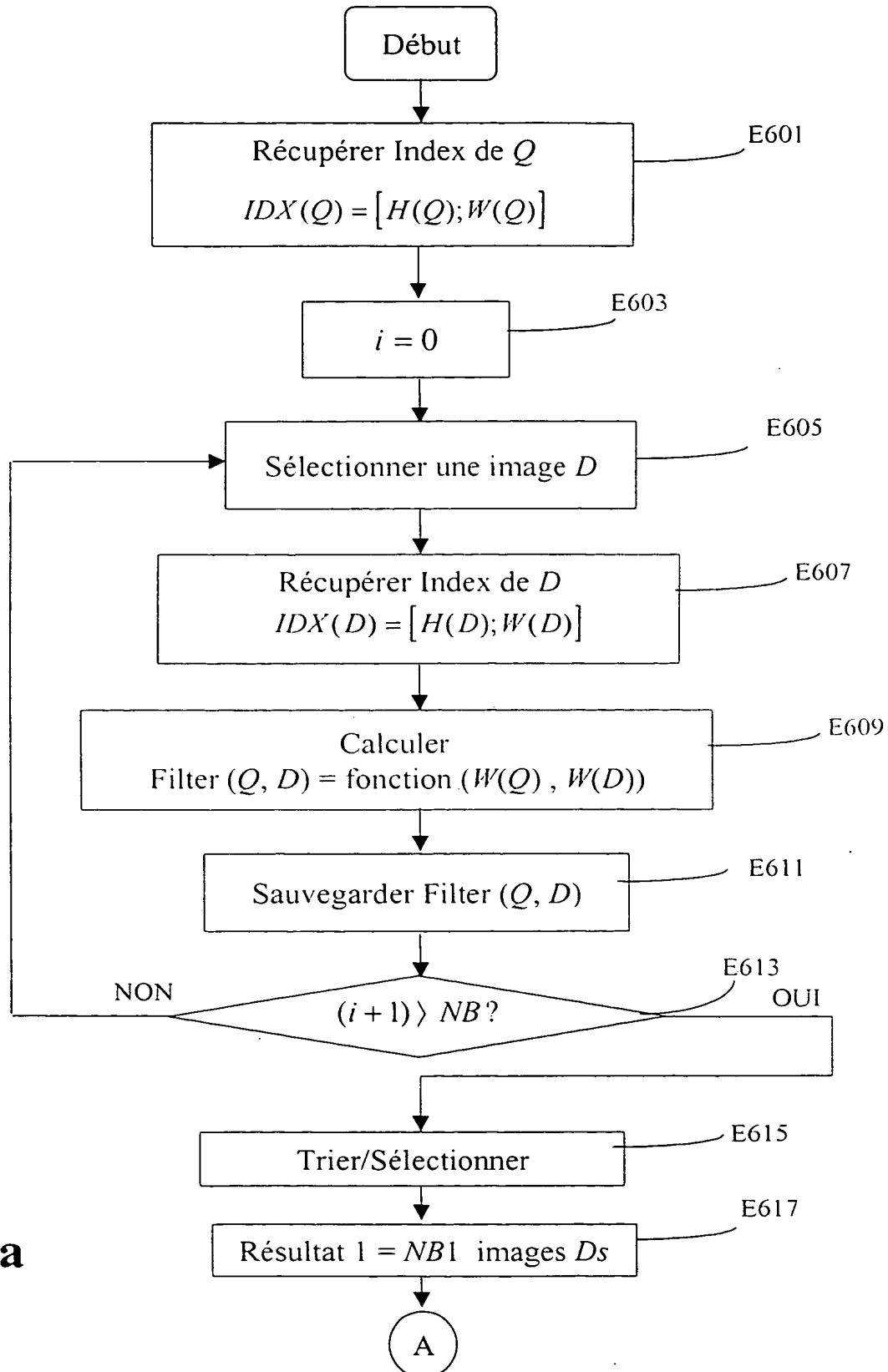


FIG.6a

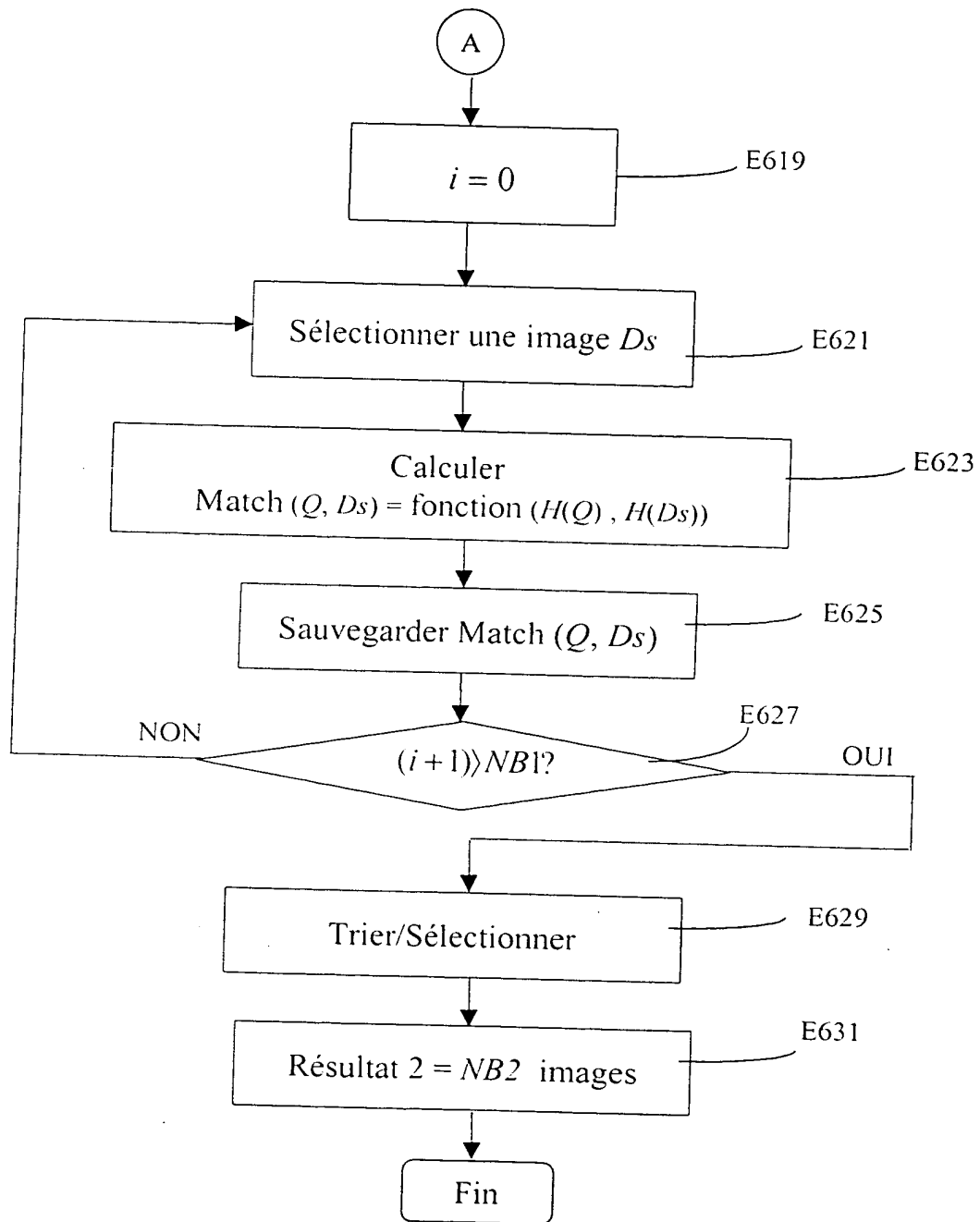


FIG.6b

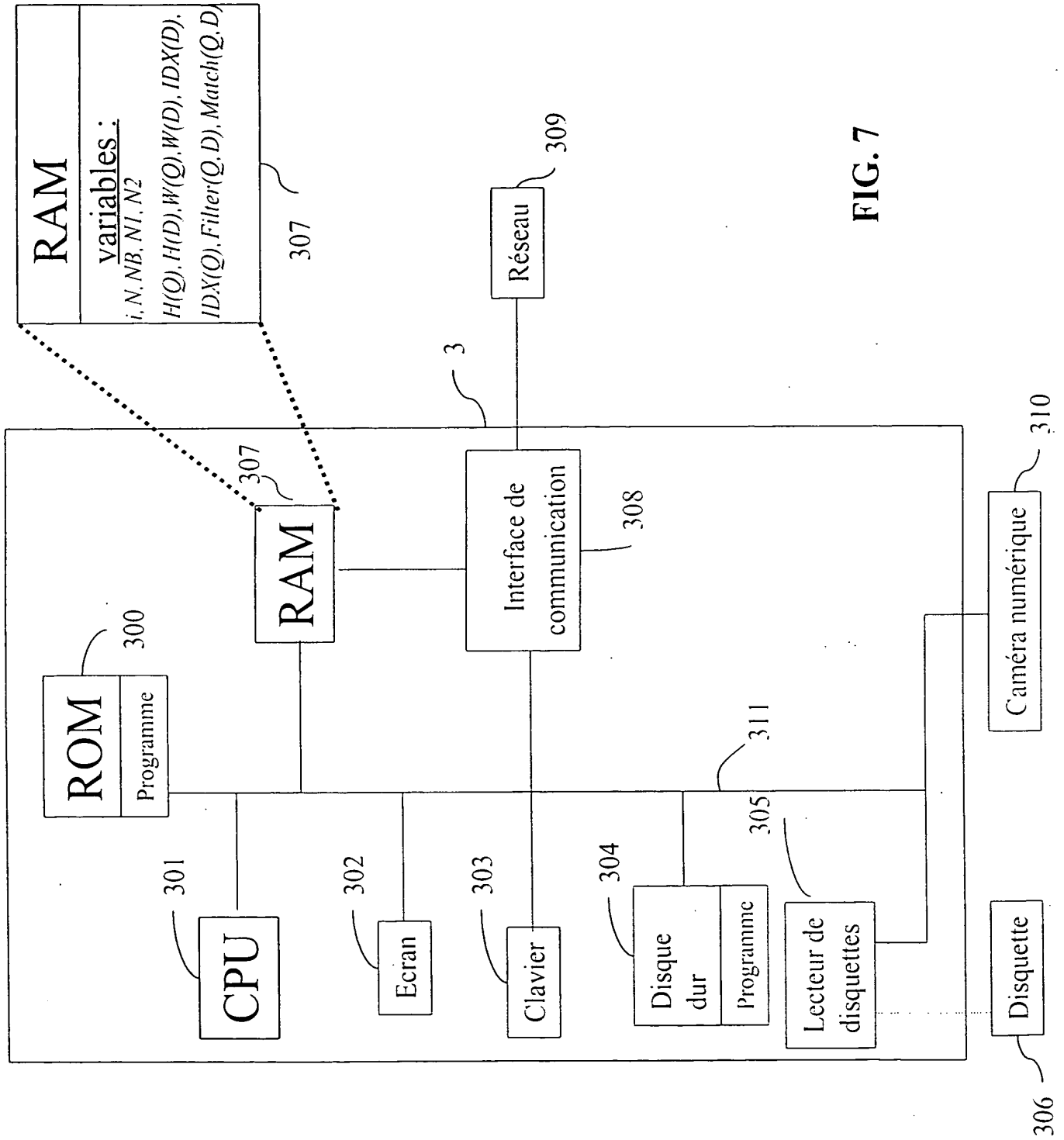


FIG. 7

This Page Blank (uspto)